



Title	1. 火山地域に起る地震の最大振巾の度数分布
Author(s)	佐久間, 修三; SAKUMA, Shüzō
Citation	北海道大学地球物理学研究報告, 6, 1-7
Issue Date	1958-12-17
DOI	https://doi.org/10.14943/gbhu.6.1
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/13812
Type	departmental bulletin paper
File Information	6_p1-7.pdf



1. 火山地域に起る地震の最大振巾の度数分布

佐久間修三

(北海道大学地球物理学教室)

— 昭和33年8月受理 —

1.

地震の大きさを何等かの基準によつて区わけして、その度数の分布をしらべる試みは既に多くの人により為されている。例えば、Gutenberg・Richter¹⁾及び坪井²⁾らは

$$\log N(M) = a + b(8 - M) \quad (1)$$

の形を与え、 $8 > M > 4$ 程度の世界各地の地震について $b = 1 \sim 0.8$ となることを示している。更に、1観測点における最大振巾の度数分布を示す石本・飯田の実験式³⁾

$$N(a) da = ka^{-m} da \quad (2)$$

は有感余震の場合⁴⁾にも、微小地震^{5), 6), 7)}の場合にも成立ち、 $m = 1.8 \sim 1.9$ であることが浅田・鈴木らによつて示されている。しかもこの実験式は観測点や、観測器械を変えても成立つといわれている⁸⁾。しかるに a と M との関係から

$$m - 1 = b \quad (3)$$

なることも証明される⁹⁾から、一般の地震については、 $M \approx 8$ 程度の最大級の地震から微小地震に至るまで、又その発生の地点にもよらず、地震の大きさ別の度数分布の形式は一定である様にみえる。

2.

火山地域には震源の極く浅い地震が群をなして起り、時にはその震源域が移動することが知られる場合もある。更に、火山爆発に直接関係して火口底又はその直下から地震動が発生する(爆発地震)。これらの地震は広義の火山活動一或いは火成活動一の所産と屢見做されて“火山地震”の名を与えられることが多い。しかしこの名称がまことに曖昧なものがあることは言うまでもない。

1) B. Gutenberg & C.F. Richter; "Seismicity of the Earth" (1949).

2) C. Tsuboi; Jour. Phys. Earth, **1** (1952), 47.

3) M. Ishimoto & K. Iida; Bull. Earthq. Res. Inst., **17** (1939), 443.

4) Z. Suzuki; Sci. Rep. Tohoku Univ. Ser. 5, **5** (1953), 177; **6** (1955), 105.

5) T. Asada & Z. Suzuki; Bull. Earthq. Res. Inst., **28** (1950), 415.

6) T. Asada, Z. Suzuki & Y. Tomoda; Bull. Earthq. Res. Inst., **29** (1951), 289.

7) 浅田敏・鈴木次郎; 科学, **19** (1949), 360.

8) 前掲 6), 7), 4).

9) 前掲 6).

ここでは火山地域に起るこれらの地震についてその最大振巾の度数分布を、前述のようによく判っている一般の地震の分布と比べて、果して異なるかどうかを調べてみた。この為には、石本・飯田の式をよりどころとした。

既に、村内¹⁰⁾は諏訪之瀬火山の爆発地震の振巾別の度数分布には最大値があり、振巾の大きい側のみに着目すれば、 $m=3.73$ となることを指摘した。友田¹¹⁾は1911及び1913年の浅間山の火山地震で $m=3.4$ 前後となることを示している。筆者はここでは、友田も用いた大森博士の浅間火山地震の資料¹²⁾(1911—1916年)と、佐々・林による阿蘇火山の地震群の資料¹³⁾(1932—1933年)とを検討した。

3.

観測に用いられた地震計は第1表に示される。阿蘇山の地震の深さが8 kmより浅く¹⁴⁾、殆

第1表

Volcano	Location of Observatory	Data	Instrument
Aso	Aso Volcano Observatory	1932. 8. 1 —1933. 12. 31	Wiechert type N-S comp; $T_0=8$ sec; $\times 225$; Damping 4:1.
Asama	Yunotaira, 2.7 km SW of Crater	1911. 8. 29 —1916. 11. 1 (except for winter seasons)	(1) Tromometer, SW-NE comp; $T_0=15$ sec; $\times 150$; damping free. (2) Tremor Recorder, SW-NE comp; $T_0=4$ sec; $\times 100$; damping free

どが阿蘇カルデラ内に震央を有する小地震群である。浅間山の地震は大森によりA型・B型の2種に分類されている。A型は初期微動継続時間がごく短く、短周期振動を含んでいて、記象形からは通常の近地小地震と区別されない。1934年以後、特に1950年以降の水上らの観測¹⁵⁾の経験から考えると、A型地震は浅間火山の地下数km以内但し極く浅くはない所に起る地震と判定される。B型は噴出に伴なう地震と記載されている稍長周期の振動である。噴出時にこのような地震動が観測されることは大森・水上により確められている。しかし火山活動の盛な時期に極く浅い地下に発生する微小地震も、記象上類似することがあるので、筆者は大森の所謂B型地震の中には爆発地震と共に、極く浅い地震とが含まれているのではないだろうかと考えている。

10) 村内必典; 国立科学博物館研究報告, Vol. 1, No. 2 (1954), 13.

11) 友田好文; 地震, 第2輯, 7 (1954), 155.

12) F. Omori; Bull. Imp. Earthq. Inv. Comm., 6 (1912-14).

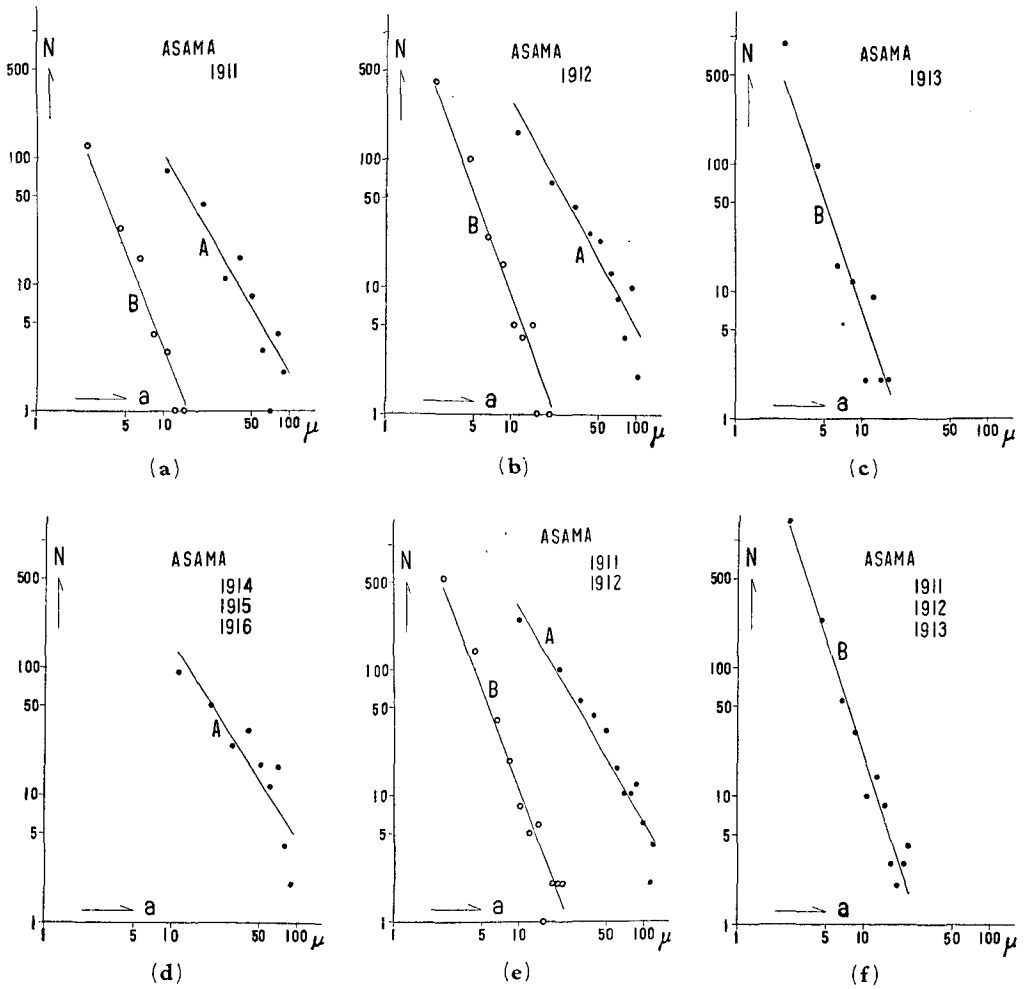
13) 林一; 地球物理, 3 (1939), 156.

14) 佐々憲三; 地球物理, 3 (1939), 17.

15) T. Minakami; Bull. Volcanologique, Ser. 2, 16 (1956).

第3表 m の値
(Values of m)

	type	m					1911~12	1911~13
		1911	1912	1913	1914~16			
Asama	A	1.75 ± 0.25	1.81 ± 0.22	—	1.53 ± 0.30	1.80 ± 0.15	1.80 ± 0.15	
	B	2.52 ± 0.12	2.71 ± 0.20	2.90 ± 0.37	—	2.65 ± 0.20	3.00 ± 0.19	
Aso		1.84 ± 0.10						



第2図 (a)-(f) 浅間山に起つた地震群の最大振幅頻度分布
A: A型地震 B: B型地震

Fig. 2. (a)-(f) Frequency distributions of maximum amplitude of earthquakes which originated at Volcano Asama.

A: earthquakes of ordinary appearance, presumed of comparatively deeper origin,
B: earthquakes accompanied by eruptions, perhaps including those of extremely shallow origin.

震は殆ど記載がなく、1914~16年にはB型地震が極めて少ないので統計から除いた。

(2)式の石本・飯田の式を仮定し最小二乗法によつて夫々の m の値を求める。このとき、頻度0となる区間のすぐ前の区間まで採り、以下を捨てた。このため大振巾で少数の地震が除外された。

結果は第3表及び第1—2図に示されているが、大体に於て石本・飯田の式はよくあてはまり、村内の指摘したような最大値は見出されなかつた。この点については、より高感度の観測を俟たねばならない。阿蘇地震及び浅間A型地震では $m=1.8$ であるのに対して、浅間B型地

第4表 m の相違の有意性の検定
(Test for the significance of difference in "m")

	Δm	t	D. F.	$P_r \{t \geq t_0\}$	
A (1914~16) ~ A (1912)	0.28	0.48	15	0.65	
B (1911~12) ~ B (1913)	0.25	0.35	15	0.76	
A (1911) ~ B (1911)	0.77	0.89	13	0.3	
A (1912) ~ B (1912)	0.90	1.77	16	0.09	○
A (1911~12) ~ B (1911~12)	0.85	2.29	19	0.04	◎
A (1911~12) ~ B (1913)	1.10	1.81	16	0.09	○
A (1911~13) ~ B (1911~13)	1.20	3.46	19	$0.01 > P_r > 0.001$	◎

第5表 種々の火山の地震についての m
(Values of m for various earthquakes of various volcanoes)

Volcano	Year	Type of eqk.	m	Investigator	Remarks
Suwanose	1953	Explosion eqk.	3.73	Murauchi	
Asama	1913*	B	3.4	Tomoda ($a \geq 1 \mu$)	} Eruption eqks, or eqks of extremely shallow origin
"	1911	B	2.52	Sakuma ($a \geq 2 \mu$)	
"	1912	B	2.71	"	
"	1913*	B	2.90	"	
"	1911~13	B	3.00	"	
"	1911	A	1.75	Sakuma	
"	1912	A	1.81	"	
"	1911~12	A	1.80	"	
"	1914~16	A	1.53	"	
Aso	1932~33		1.84	Sakuma	$h = 1 \sim 8 \text{ km}$
Hawaii			1.92	Furumoto ¹⁷⁾	$h = \text{several km?}$

* The Volcano was the most active in 1913.

17) 古本定; 火山物理研究会ニュース, No. 3 (1955).

震では m が 2.5—3 の値をとる。特に浅間山のものについて、念の為に、 $\log N(a)$ と $\log a$ との回帰直線の傾斜 m の差が有意か否かを “Student の $t^{16)}$ ” を用いてしらべてみた (第 4 表)。結論は、同型の地震群については、年により m に若干のちがいがあつても有意とはいえないが、異型の地震群の間の m の相異の有意性については、これを否定出来ない場合が多い。特に、長い期間にわたり、多くの数を得て統計すれば、明かに有意の差があるといえるのである。

今回の結果を、過去の資料と共に一括して第 5 表に示そう。

4.

浅間 A 型、阿蘇、ハワイの 3 例から考えると、火山地下数 km 以内程度に起る地震群の最大振巾の度数分布は、一般の地震の度数分布と異ならないといえる。この事から直ちに火山地下で地震を起す力が、一般の地震の場合と同一であると結論するのは早計であるが、少なくとも直接の機構——破壊であるか何であるかは判らないが——が似ているであろうことが想像される。

火山の噴火に関して火山の極く浅所に起る地震の最大振巾の度数分布は、一般の地震のそれと明かに異なり、小さい地震の数が相対的に多い。ここで爆発地震又は B 型と分類されている振動が、もしも誤りなく火山ガスの噴出に併なう振動であるならば、その起りかたが一般の地震の起りかたと異なつていてもおかしくないのかもしれない。しかし筆者は前にも述べたように、ここで B 型とされている地震の中には極く浅い——しかしガス噴出に直接関係ない——地震も含まれている様に思っている。古い大森の資料からこの点の是非を判定することは不可能であるが、水上・茂木¹⁸⁾らによれば、浅間山に起る浅い微小地震群では m が 3 に近い値をとることがあるという。もしも m が通常の地震と異なり、しかも爆発地震でもない地震群があるならば、それはどんな機構で起る地震であろうか？

浅間山の火山活動は 1913 年に最も盛で、以下 1912; 1911; 1914 の順で、1915; 1916 年には殆ど噴火がなかつた。一方第 5 表で爆発地震又は B 型地震に着目すれば、諏訪之瀬火山の明らかな爆発地震の m が最大で、以下浅間山の 1913, 1912, 1911 年の順に m が小さくなつていくように見える。この種の振動の起りかたと、火山活動の状態との間に何かの関連がありそうにも思われる。例えば振動源の深さが意味をもっているのではないかとも思われる。今後の洗練された観測によつて、発震機構のみでなく、減衰の相異までも考えに入れて、解決されるべき問題であろう。

終りに、この論文は水上武、茂木清夫、村内必典の諸氏との討論に刺戟されて生れたものであることを記し、3 氏に謝意を表する。

16) 統計科学研究会; “統計数値表” (1943).

18) 水上武・茂木清夫他; 地震研究所第 329 回談話会 (1956 年 1 月).

1. Magnitude-Frequency Relation for So-called "Volcanic Earthquakes".

By Shûzô SAKUMA

(Department of Geophysics, Faculty of Science.)

Gutenberg and Richter have presented the empirical formula for the earthquakes $8 > M > 4$, $\log N(M) = a + b(8 - M)$. The value of $b(1.0 - 0.8)$ has been proved to be nearly independent of locality and of magnitude. On the other hand, Ishimoto-Iida's empirical relation, $N(a) da = Ka^{-m} da$ (a : maximum trace amplitude), has been proved to be valid for aftershocks and other micro-earthquakes. The values of m were estimated at 1.8~1.9 for all cases. Because b is connected with m by $b = m - 1$, it can be inferred that one and the same magnitude-frequency relation holds good within a broad range of magnitude, from the destructive earthquakes to the very small ones.

Many earthquakes in volcanic districts, accompanied or not accompanied with volcanic activities, have been often called "*volcanic earthquakes*", as though they would differ distinctly from other earthquakes. Are they genuinely different?

In the present paper, the frequency distribution of the maximum amplitude of earthquakes, which were observed at the Volcanoes Aso and Asama, are studied after the Ishimoto-Iida method. Results obtained are as follows.

(1) Ishimoto-Iida's relation is also valid for those "*volcanic earthquakes*".

(2) The values of m for the earthquakes which originated at the depth within several kilometres (Aso, A-type of Asama) are calculated nearly at 1.8. This value is the same as the m of the ordinary earthquakes.

(3) The values of m for the earthquakes of extremely shallow origin (B-type of Asama), such as explosion earthquakes, are significantly different from 1.8~1.9. They are 3.0~2.5.

To state it briefly, there are at least two kinds among the "*volcanic earthquakes*". The deeper earthquakes occur in a way similar to the ordinary earthquakes. Those of extremely shallow origin take place in a peculiar manner. More precise and systematic observations are necessary to solve the problems whether the earthquakes of intermediate character do exist or not, and how those shallower earthquakes occur.
